

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA**  
***CAMPUS* DE JI-PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA**

**LUIS FALQUETO SONSIN**

**ESTATÍSTICA NÃO PARAMÉTRICA APLICADA A  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM UMA ÁREA DE  
PASTAGEM NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA.**

Ji-Paraná

2017

**LUIS FALQUETO SONSIN**

**ESTATÍSTICA NÃO PARAMÉTRICA APLICADA A  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM UMA ÁREA DE  
PASTAGEM NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Matemática e Estatística,  
da Fundação Universidade Federal de  
Rondônia (UNIR) *Campus* de Ji-Paraná como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Bacharel em Estatística.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Roziane Sobreira dos Santos

Ji-Paraná

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

S699e Sonsin, Luis.

Estatística não paramétrica aplicada a evapotranspiração de referência em uma área de pastagem no sudoeste da amazônia / Luis Sonsin. -- Ji-Paraná, RO, 2017.

32 f.

Orientador(a): Prof.ª Dra. Roziane Sobreira dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Evapotranspiração de Referência. 2.Tendência. 3.Comparação. I. Santos, Roziane Sobreira dos. II. Título.

CDU 519.2

---

Bibliotecário(a) Marlene da Silva Modesto Deguchi

CRB 11/601



## ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 13 (três) dias do mês de dezembro de 2017, realizou-se na Sala Laboratório de Estatística 1, no Campus de Ji-Paraná, a Sessão de Apresentação e Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), com o título “**Estatística Não Paramétrica Aplicada a Evapotranspiração de Referência em uma Área de Pastagem no Sudoeste da Amazônia**”, apresentado pelo acadêmico **Luis Falqueto Sonsin**. Os trabalhos foram instalados às 14h17min pela presidente da Banca Examinadora, aprovada pelo Departamento e constituída por: Prof<sup>o</sup>. **Gd. Bruno Soares de Castro** (Universidade Federal de Rondônia - Departamento de Matemática e Estatística), Prof<sup>o</sup>. **Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista** (Universidade Federal de Rondônia - Departamento de Matemática e Estatística) e Prof<sup>a</sup> **Dr<sup>a</sup>. Roziane Sobreira dos Santos** (Universidade Federal de Rondônia - Departamento de Matemática e Estatística), sendo esta a orientadora do acadêmico. A Banca Examinadora, tendo decidido aceitar o Trabalho de Conclusão de Curso, após a apresentação passou à arguição pública do acadêmico. Encerrando os trabalhos de arguição às 15h22min. A Banca Examinadora deu parecer final **Aprovado**, com a nota 60 (**sessenta**), resultado da média aritmética das notas individuais atribuídas pelos membros da Banca Examinadora. Proclamado o resultado final pela presidente da Banca, foram encerrados os trabalhos. Para constar, lavrou-se a presente Ata, que é assinada pelos membros da Banca Examinadora e pelo acadêmico.

Ji-Paraná, 13 de dezembro de 2017.

**Gr. Bruno Soares de Castro**  
Prof<sup>o</sup>. Membro da Banca

**Dr<sup>o</sup>. Dilson Henrique Ramos Evangelista**  
Prof<sup>o</sup>. Membro da Banca

**Dr<sup>a</sup>. Roziane Sobreira dos Santos**  
Prof<sup>a</sup> Orientadora e Pres. Banca

**Luis Falqueto Sonsin**  
Acadêmico

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer em especial aos meus pais e meus irmãos que me deram força e apoio para concluir esta graduação, principalmente ao meu irmão Artur por me indicar o curso de Estatística.

Não posso esquecer dos meus amigos de faculdade, em especial o Pablo e a Tuannyhy que sempre estiveram ao meu lado durante o curso me ajudando tanto em trabalhos quanto em provas e suportando todas as “porradas” do curso. Aos dois deixo o meu mais sincero obrigado. Aos demais da minha turma que estarão sempre presentes em minhas lembranças, lhes desejo boa sorte em suas jornadas.

Quero agradecer ao Gutieres, Camila, Jonatas e aos demais amigos que fiz enquanto estive no LBA, pois tivemos bons momentos juntos não só em coletas ou laboratório, mas fora da universidade também. Espero manter a amizade de vocês para o resto minha vida.

Por fim gostaria de agradecer aos meus professores que tanto me ajudaram a adquirir o conhecimento necessário para me tornar um bom profissional da área. Gostaria de agradecer em especial a minha orientadora a Dr. Roziane Sobreira dos Santos que me ajudou a alcançar um grande objetivo da minha vida que era concluir uma graduação de nível superior.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 -</b>	Boxplot mensal da série de dados de ETo para a cidade de Cacoal/RO, para o período de 2009 a 2016.....	21
<b>Figura 2 -</b>	Histograma de frequência dos valores de ETo.....	22
<b>Figura 3 -</b>	QQ-plot dos valores de ETo para a verificação visual da normalidade.....	23
<b>Figura 4 -</b>	Gráfico de barras contendo as médias das estações seca e chuvosa.....	24
<b>Figura 5 -</b>	Gráfico de linhas contendo a série de dados de ETo para a verificação de tendência.....	25

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1 -</b>	Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2009.....	19
<b>Tabela 2 -</b>	Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2013.....	19
<b>Tabela 3 -</b>	Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2015.....	20
<b>Tabela 4 -</b>	Estatísticas descritivas dos valores de ETo expressa em milímetros (mm)...	21
<b>Tabela 5 -</b>	Teste de Wilcoxon para a verificação da diferença entre os períodos seco e chuvoso.....	24
<b>Tabela 6 -</b>	Testes de Mann-Kendall e Mann-Kendall Sazonal para a verificação de tendência.....	25

## **RESUMO**

**SONSIN, L. F. Estatística não Paramétrica Aplicada a Evapotranspiração de Referência em uma Área de Pastagem no Sudoeste da Amazônia.** Monografia (Bacharelado em Estatística) Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Rondônia, 31p., 2017.

O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em que, foram utilizados os dados da estação automática de Cacoal/RO fornecidos pelo INMET. Os dados são referentes aos anos de 2009 a 2016. Foram realizados aproveitamento de dados para determinação dos meses utilizados nas análises, estatísticas descritivas para caracterização dos dados, aplicação do teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados. Através do teste de Wilcoxon verificou se existe diferença entre os períodos seco e chuvoso, realizou-se também o teste de Mann-Kendall para testar se existe tendência na série de dados. Todos os testes realizados neste trabalho foram feitos a um nível de significância de 5%. No período estudado a ET<sub>o</sub> obteve uma média de 7,07 mm ao mês, variando de 4,23 mm a 13,11 mm, a variabilidade dos dados torna-se maior na época da seca. O teste de Shapiro-Wilk mostrou que não existe normalidade nos valores de ET<sub>o</sub>. De acordo com o teste de Mann- Kendall os valores de ET<sub>o</sub> não possuem tendência. Ao comparar as estações seca e chuvosa, concluiu-se que não existe diferença significativa entre elas.

**Palavras-Chave:** Evapotranspiração de Referência, Tendência, Comparação.



## **ABSTRACT**

**SONSIN,L.F. Nonparametric Statistics Applied to Reference Evapotranspiration in a Pasture Area in Southwestern Amazonia.** Monograph (Bachelor of Statistics) Department of Mathematics and Statistics, Federal University of Rondônia, 31p.,2017.

The present work had the objective of characterizing the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) in which the data from the automatic station of Cacoal / RO provided by INMET were used. The data refer to the years from 2009 to 2016. Data were used to determine the months used in the analyzes, descriptive statistics for characterization of the data, and application of the Shapiro-Wilk test to verify the normality of the data. The Wilcoxon test verified whether there is a difference between dry and rainy periods, and the Mann-Kendall test was also used to test whether there is a tenure in the data series. All tests performed in this work were done at a significance level of 5%. In the studied period the ET<sub>o</sub> obtained an average of 7.07 mm a month, varying from 4.23 mm to 13.11 mm, the variability of the data becomes greater in the dry season. The Shapiro-Wilk test showed that there is no normality in ET<sub>o</sub> values. According to the Mann-Kendall test the ET<sub>o</sub> values have no trend. When comparing dry and rainy seasons, it was concluded that there is no significant difference between them.

**Keywords:** Reference Evapotranspiration, Trend, Comparison.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>9</b>
3.1	EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	9
3.2	TESTE DE MANN-KENDALL.....	11
3.3	TESTE DE WILCOXON.....	12
3.4	TESTE DE SHAPIRO-WILK.....	12
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
	<b>APÊNDICE A – ROTINA DE ANÁLISE EM AMBIENTE R.....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As recentes mudanças no clima do planeta, mais especificamente no aumento da temperatura, estão afetando a disponibilidade hídrica dos ecossistemas, que por sua vez atuam diretamente na evapotranspiração (ET), que possui uma sensibilidade considerável a variações nas mudanças climáticas (FILHO et al., 2015).

Para a agricultura e pecuária, torna-se muito importante o conhecimento da ET, pois pode-se detectar em quais períodos do ano ocorre o déficit hídrico, e em quais não ocorre. Obtendo os dados de ET, pode-se ter uma economia no consumo de água, reduzir a ração para o gado, definir padrões de irrigação e melhorar rendimento da produção (JUNIOR et al., 2011).

A ET é definida como a combinação de dois processos distintos, em que a água é perdida, diretamente da superfície do solo por evaporação e a partir da transpiração das plantas por meio dos estômatos (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006).

Compreender o ciclo da evapotranspiração (ET) no equilíbrio hidrológico da Amazônia, que é de importância fundamental para o ciclo global da água, possibilita entender como as mudanças nesta região influenciam em possíveis mudanças futuras no hidroclima global e regional em resposta ao desmatamento da floresta tropical na região (WERTH e AVISSAR, 2004).

Para conseguir uma melhor estimativa do processo evaporativo de uma área com um único tipo de cultura, Allen et al. (1998) e Santos (2009) recomendam calcular a Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>), pelo fato de que ela pode ser calculada a partir de dados climáticos.

Contudo, Farias (2015) e Allen et al. (1998) destacam que os fatores climáticos podem afetar diretamente no valor de ET<sub>o</sub>, sendo algumas destas variáveis: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e a velocidade do vento. Outro fator que pode influenciar diretamente na quantidade de ET<sub>o</sub> pode ser o tamanho da vegetação de cobertura e o seu tipo.

Estudos indicam que a substituição da vegetação nativa por pastagem ou culturas agrícolas afetam o clima e ciclo hidrológico através de mudanças no albedo, temperatura da superfície, umidade do solo, regime de evapotranspiração e escoamento (VON RANDOW et al., 2004; D'ALMEIDA et al., 2007).

Para compreender as alterações nos elementos meteorológicos, e como estão sendo afetados, torna-se necessário a análise de tendência. A presença de tendência em uma série de

dados pode evidenciar como os dados estão se comportando com as mudanças climáticas, seja elas naturais ou não (SOME'E et al., 2012). Sendo assim uma forte ferramenta para a compreensão dos dados. Portanto, este estudo tem como propósito verificar a variação da ETo no tempo, além de poder contribuir com a percepção do ciclo hidrológico da região.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a variação na evapotranspiração de referência, por meio de estatística não paramétrica, em uma área de pastagem.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Verificar o comportamento temporal de evapotranspiração de referência através do teste de Mann-Kendall Sazonal.
- b) Comparar a evapotranspiração de referência através do teste de Wilcoxon para amostras independentes, no período seco e chuvoso.
- c) Avaliar a distribuição dos dados de evapotranspiração de referência.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

Com o passar dos anos a Amazônia vem sofrendo com as mudanças de uso e apropriação do solo. Sendo que um dos principais motivos são a transformação de florestas em áreas voltadas para o uso agropecuário. (DAVIDSON et al., 2012; FEARNSIDE, 2011)

Victoria (2004) afirma que a demanda por recursos hídricos está aumentando, seja na área agrícola, através da irrigação, ou no meio urbano com o crescimento dos grandes centros, com este crescente aumento, a disponibilidade deste recurso torna a preocupação ainda maior.

Segundo Liang et al. (2008) a ET é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, levando em consideração o fato de que a ET ajuda a repor a umidade no solo e tem grande participação no reabastecimento de aquíferos.

A variação da ET também está relacionada com o tipo de cobertura, densidade e até estágio de crescimento. Gomes et al. (2015) frisa que em uma área com cobertura de pastagem, encontraram valores menores na ET do que em locais em que a predominância é de floresta. Tomando como base estas alterações no uso do solo, na disponibilidade hídrica e nos fatores climáticos.

D'Almeida et al. (2007) e Von Randow et al. (2012) destacam diversos estudos indicando que a substituição da vegetação nativa por pastagem ou culturas agrícolas, afeta o clima e ciclo hidrológico através de mudanças no albedo, temperatura da superfície, umidade do solo, regime de evapotranspiração e escoamento.

Para calcular evapotranspiração, a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO), definiu o conceito de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e padronizou a equação de Penman-Monteith (PM) no boletim 56 (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006). A partir desse boletim, quando há disponibilidade de dados, a equação de Penman-Monteith é recomendada como o melhor método para calcular a ET<sub>o</sub> (ALLEN et al., 1998; DROOGERS e ALLEN, 2002).

Allen et al. (1998), definiu a ET<sub>o</sub> como taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência considerada livre de estresse hídrico e doenças com altura e resistência superficial fixa (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006).

Gong et al. (2006) destacam que, a equação de Penman-Monteith um método com abordagem física, que pode ser utilizado em todo o mundo, sem qualquer necessidade de ajustamentos adicionais de parâmetros. A ET<sub>o</sub> expressa a demanda evaporativa da atmosfera independente da cobertura vegetal do local, sendo afetada somente por fatores climáticos.

### **3.2 TESTE DE MANN-KENDALL**

O teste de Mann-Kendall (MK), pode ser utilizado para detectar a existência de tendência em dados de séries temporais (ALENCAR et al., 2012; SILVA et al., 2016).

O teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) é um teste estatístico não paramétrico, para as observações de uma determinada série temporal,  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , o teste pode ser aplicado em uma série independente e a distribuição de probabilidade deve continuar a mesma. As hipóteses do teste são definidas como:

$H_0$ : os dados não apresentam tendência

$H_1$ : os dados apresentam tendência

Para calcular o teste de Mann-Kendall utiliza-se a comparação dos valores da série temporal com os demais dados, sendo que os dados necessitam estar em pares, organizados sequencialmente (SILVA et al., 2007).

Silva (2016) destaca que o teste de MK pode ser utilizado em amostra pequenas, com observações menores que 30, sendo utilizada a estatística T para a realização do teste, O sinal indicado pela estatística T determina o crescimento ( $T > 0$ ) ou decrescimento ( $T < 0$ ) da série temporal.

Todavia o teste de MK nem sempre apresenta uma estimativa correta da tendência dos dados, tendo isso como base, Silva (2015) expõe em seu trabalho que algumas séries de dados podem apresentar autocorrelações positiva e de falsas sazonalidades. Tomando estes fatos como base, propôs-se o teste de Mann-Kendall Sazonal (SMK).

O teste de SMK pode ser considerado mais adequado para a sua aplicação em dados do ciclo hidrológico, pois uma das vantagens de se aplicar este teste é que está relacionado com as estações. Em estações que se espera obter valores menores, não irão induzir erros nos valores que sejam maiores de outras estações (LETTENMAIER et al., 1994; BLAIN, 2010).

Alencar et al. (2011) e Blain (2010) destacam que o método de SMK deve ser aplicado em séries independentes. Blain (2010) ressalta que em dados mensais, o teste de SMK tem que ser organizado matricialmente, de forma que os valores referentes ao mês do ano sejam preenchidos nas colunas.

Tendo sido calculada a estatística de teste S, pode-se verificar se o teste rejeita ou não a hipótese de nulidade, de acordo com o nível de significância (ALENCAR et al., 2011).

### 3.3 TESTE DE WILCOXON

O teste de Wilcoxon é um teste não paramétrico que pode ser utilizado quando os pressupostos do teste t não são atendidos.

O teste de Wilcoxon não tem a necessidade de que o dados seja normais, mas sim que sejam duas amostras aleatórias  $X_{11}, X_{12}, \dots$ , e  $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n_2}$ , com o dimensões  $n_1 \leq n_2$  temos as seguintes hipóteses. (MONTGOMERY; RUNGER, 2003)

$H_0$ : os dados provem de amostras iguais.

$H_1$ : os dados provem de amostras diferentes.

A utilização de métodos que necessitam de distribuição normal para dados com amostras pequenas, pode tornar o teste ineficaz. Utilizar métodos que não possuem uma distribuição conhecida, acaba se tornando mais apropriado para estes casos (DALGAARD, 2008).

Wilks (2006) descreve que o teste de Wilcoxon é um teste resistente, pelo fato de que alguns dados que invalidariam a utilização do teste t, não surgem efeito nele. Ele também é considerado robusto pelo motivo de que, mesmo que seja possível a aplicação do teste t, o teste de Wilcoxon é tão bom quanto. O teste de Wilcoxon é considerado não paramétrico que utiliza postos amostrais combinados, e pode ser utilizado para saber se as amostras possuem mediana igual (TRIOLA, 2008).

Para encontrar a estatística de teste, coloca-se os dados  $n_1 + n_2$  em ordem crescente, para que se possa atribuir sinais e realizar a diferença entre os pares. Caso haja pares iguais tirar a média deles. Sendo assim, é possível obter os sinais para a realização do teste (SIEGEL, 1956). Posteriormente ao cálculo da estatística de teste, calcula-se o  $Z_{\text{tabelado}}$  e compara-se as duas estatísticas para verificar se existe diferença significativa entre as amostras.

### 3.4 TESTE DE SHAPIRO-WILK

O teste de Shapiro-Wilk, inicialmente desenvolvido Shapiro e Wilk (1965), é o teste que possui o maior número de citações por conta de ser mais poderoso para testar normalidade (D'AGOSTINO e STEVENS, 1986), e possui excelentes propriedades de poder em comparação com outros testes alternativos (RAZALI e WAH, 2011).

O teste de Shapiro-Wilk pode ser utilizado para verificar se qualquer tipo de amostra difere ou não de uma distribuição normal (FIELD et al., 2012). Portanto, utilizando uma amostra aleatória  $y_1, y_2, \dots, y_n$  o teste de Shapiro-Wilk utiliza como W a sua estatística de teste, sendo que as hipóteses são:

$H_0$ : A amostra provem de uma distribuição normal.

$H_1$ : A amostra não provem de uma distribuição normal.

Para que seja calculada a estatística de teste, o teste de Shapiro-Wilk necessita que os dados estejam organizados de forma decrescente para comparar os escores da amostra com um conjunto de escores normalmente distribuído com a mesma média e desvio padrão.

#### 4. METODOLOGIA

O presente estudo será realizado com dados da estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) situada no estado de Rondônia na cidade de Cacoal. Esta estação se encontra em uma área com cobertura gramada, localizada na latitude: -11.445837°, longitude: -61.434146°, e a 184 m acima do nível do mar.

Para obter as estimativas de ETo serão utilizados os dados da estação automática, sendo necessária as variáveis de radiação, temperatura, umidade e velocidade do vento, estas variáveis serão inseridas na equação proposta no Boletim da FAO Nº 56. O modelo utilizado neste estudo para o cálculo da ETo é a equação de Penman-Monteith. A equação é dada por:

$$ETo = \frac{0.408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{média} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

(1)

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0.6108 \exp \left( \frac{17.27 T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

(2)

$$e_s = 0.6108 \exp \left[ \frac{17.27 T}{T + 237.3} \right]$$

(3)

$$e_a = \frac{e_s UR}{100}$$

(4)



$$Rn = Rns - Rnl \quad (5)$$

$$Rns = (1 - \alpha) Rs \quad (6)$$

$$Rnl = \sigma \left[ \frac{(Tmax + 273.16)^4 + (Tmin + 273.16)^4}{2} \right] (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left( 1.35 \frac{Rs}{Rso} - 0.35 \right) \quad (7)$$

$$Rso = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} z) Ra \quad (8)$$

$$Ra = \frac{118.08}{\pi} dr \left[ \omega_s \sin(\theta) \sin(\delta) + \cos(\theta) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right] \quad (9)$$

$$dr = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (10)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (11)$$

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan\left[\frac{-\tan(\theta) \tan(\delta)}{X^{0.5}}\right] \quad (12)$$

$$X = \left(1 - [\tan(\theta)]^2 [\tan(\delta)]^2\right) \quad (13)$$

Onde:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiração de referência [mm dia<sup>-1</sup>].

$\Delta$  = Declividade da curva de pressão do vapor [kPa °C<sup>-1</sup>].

R<sub>n</sub> = Saldo de Radiação à superfície da cultura [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

G = Densidade do fluxo de calor do solo [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

$\gamma$  = Constante psicrométrica [kPa °C<sup>-1</sup>].

U<sub>2</sub> = Velocidade do vento a 2 metros de altura [ms<sup>-1</sup>].

T<sub>média</sub> = Temperatura média diária do ar a 2 metros de altura [°C].

(e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>) = Déficit de pressão do vapor de saturação [kPa].

T = Temperatura [°C].

UR = Umidade Relativa[%].

Rns = Radiação de ondas curtas [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

Rs = Radiação solar incidente [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

Rnl = Radiação de onda longa [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

Rso = Radiação solar incidente na ausência de nuvens [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

Ra = Radiação solar no topo da atmosfera [MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>].

dr = Distância inversa relativa entre a terra e o sol [rad].

δ = Declinação solar [rad].

ω<sub>s</sub> = Ângulo horário ao nascer do sol [rad].

Os cálculos de ETo, serão realizados diariamente. Após realizado os cálculos diários, será feito a média mensal dos dados para que se possa realizar os testes estatísticos.

Após a realização do cálculo da ETo, será realizada uma análise exploratória dos dados, contendo a estatística descritiva dos dados (MORETTIM e BUSSAB, 2010), para auxiliar na compreensão dos dados obtidos.

Para a realizar a análise exploratória dos dados, será feito um aproveitamento mensal de todos os anos para verificar quais dados podem ser utilizados e quais não podem ser. Tendo sido realizado o aproveitamento, será feito uma análise descritiva dos dados, contendo média, mediana, mínimo, máximo e os quartis. Para a verificação da variabilidade dos dados optou-se por realizar um gráfico de Boxplot, pois a verificação do comportamento dos dados e sua variabilidade é de extrema importância para este estudo.

Tendo sido realizada a caracterização dos dados, será realizado um gráfico qq-plot para melhor visualizar os dados (SHAHBABA, 2012), em seguida será realizado o teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados.

A estatística de teste é dada por:

$$w = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2} \quad (14)$$

Sendo que b é dado por:

$$b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} \hat{\epsilon}_i - x_i) \hat{\epsilon}_i \quad (15)$$

Após realizar o teste de normalidade com os dados de ETo, será verificado se a série mensal de ETo apresentam tendência. Para realizar a verificação de tendência, será utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall Sazonal.

O teste de Mann-Kendall Sazonal costuma ser utilizado em dados ambientais, climáticos ou hidrológicos para revelar a existência de tendência monótona em um conjunto de dados (POHLERT, 2016).

Sendo a sua estatística de teste dada por:

$$S = \sum_{j=1}^{12} T_j \quad (16)$$

Em que,

$$T_j = \sum_{k < l} \text{SINAL}(Z_{lj} - Z_{kj}), \text{ no caso, } j = 1 \dots 12 \quad (17)$$

Para uma série de dados com um número (N) muito grande  $>30$ , temos que “S” tende a uma distribuição normal com média zero e variância:

$$\text{Var}(S) = \sum_{j=1}^{12} \text{Var}(T_j) + \sum_{\substack{j, g=1 \\ g \neq j}}^{12} \text{Cov}(T_j, T_g), \text{ para } j \neq g \quad (18)$$

$$\text{Var}(T_j) = \frac{n_j(n_j-1)(2n_j+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

$$\text{cov}(T_j, T_g) = \left[ \frac{S_{jg} + 4 \sum_{m=1}^n R_{mj} R_{mg} - n(n_j+1)(n_g+1)}{3} \right] \quad (19)$$

$$S_{jg} = \sum_{m < n} \text{SINAL}[(Z_{nj} - Z_{mj})(Z_{ng} - Z_{mg})] \quad (20) \quad (21)$$

$$R_{mj} = \left[ \frac{n_j + 1 + \sum_{k=1}^n \text{SINAL}(x_{mj} - x_{kj})}{2} \right] \quad (22)$$

Em que  $n_j$  é o número de cada série  $j$  mensal,  $m$  é o número de grupos de valores adjacentes iguais,  $t_j$  é o número de valores presentes nos grupos, o fator  $R$  é a matriz ao rank (organização dos valores de cada mês em ordem crescente). A Cov ( $T_j, T_g$ ) é a covariância entre as duas estatísticas. O valor final do teste de SMK é dado por:

$$SMK = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; \text{para } S > 0 \\ 0; \text{para } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; \text{para } S < 0 \end{cases} \quad (23)$$

Posteriormente ao teste de tendência, será realizado um teste para verificar se existe diferença entre os períodos seco e chuvoso, através do teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon.

O teste de Wilcoxon deve seguir os seguintes procedimentos:

1. Fazer a diferença (D), contendo o sinal, entre os pares.
2. Organizar os pares através de postos sem levar em consideração os sinais. Caso haja dados iguais, calcular a média dos valores iguais.
3. Atribuir sinais + ou – para cada (D).
4. Após atribuir os sinais para cada (D), calcular o valor de T que é a soma da menor diferença de (D).
5. Calcular N que é o total das somas das diferenças com o sinal.
6. Para  $N \leq 25$ , calcular p por meio da distribuição binomial.

$$p = P(X \leq k) = \sum_{x=0}^k \binom{N}{x} p^x q^{N-x} \quad (24)$$

7. Caso  $N > 25$ , terá que ser calculada a média e o desvio-padrão da soma dos pares. Após achar estes valores, calcular a estatística de teste Z.

$$\mu_T = \frac{N(N+1)}{4}$$

(25)

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}$$

(26)

$$Z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}$$

(27)

$$Z_{tab} = Z_{\frac{\alpha}{2}} \quad (28)$$

8. Comparar os valores de z calculado e z tabelado. Caso o z tabelado fique maior que o calculado, a hipótese  $H_0$  não será rejeitada.

Neste estudo irá utilizar um nível de significância de  $p=0.05$  para executar as análises. Sendo as análises acima citadas, serão realizadas utilizando o software R na versão 3.3.2.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Ao realizar o aproveitamento dos dados anuais, somente os anos de 2009, 2013 e 2015 apresentaram aproveitamentos de algumas variáveis abaixo de 100%. Para a realização das análises optou-se por utilizar o período chuvoso que correspondem aos meses de janeiro a março, e seco que corresponde aos meses de julho a setembro. Contudo, o ano de 2015 apresentou um aproveitamento no mês de setembro de 0%, e isso inviabilizaria a realização das análises, sendo assim, optou-se por não utilizar os meses de setembro na análise e utilizar os meses de junho a agosto por conterem dados mais consistentes. As tabelas com os aproveitamentos dos dados estão dispostas a seguir (TABELAS 1, 2 e 3).

Pode-se verificar, pela Tabela 1, que para o ano de 2009 os meses de setembro e novembro apresentam um aproveitamento acima de 90%, sendo este considerado um bom aproveitamento, enquanto o mês de outubro não possui dados para realização da análise. Nos demais meses os dados apresentam um aproveitamento de 100% dos dados.

**Tabela 1.** Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2009.

	<b>T_Med</b>	<b>UR_med</b>	<b>VV_med</b>	<b>RAD_med</b>	<b>T_max</b>	<b>T_min</b>
JAN	100	100	100	100	100	100
FEV	100	100	100	100	100	100
MAR	100	100	100	100	100	100
ABR	100	100	100	100	100	100
MAIO	100	100	100	100	100	100
JUN	100	100	100	100	100	100
JUL	100	100	100	100	100	100
AGO	100	100	100	100	100	100
SET	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3
OUT	0	0	0	0	0	0
NOV	90	90	90	90	90	90
DEZ	100	100	100	100	100	100

\*T\_med = temperatura média. UR\_med = umidade relativa média. VV\_med = velocidade do vento média. RAD\_med = radiação média. T\_max = temperatura máxima. T\_min = temperatura mínima.

Pode-se verificar pela Tabela 2, que para o ano de 2013, os meses de março, abril, maio e junho apresentam um aproveitamento abaixo de 100%, sendo que o único mês que pode ser aproveitado é o mês de março por conter um aproveitamento bom. Os meses de abril, maio e junho com os piores aproveitamentos. Assim como no mês de outubro do ano de 2009 (TABELA 1), o mês de maio também não apresenta dados, não sendo possível a realização do aproveitamento. Nos demais meses os dados apresentam um aproveitamento de 100% dos dados.

**Tabela 2.** Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2013.

	<b>T_Med</b>	<b>UR_med</b>	<b>VV_med</b>	<b>RAD_med</b>	<b>T_max</b>	<b>T_min</b>
JAN	100	100	100	100	100	100
FEV	100	100	100	100	100	100
MAR	100	100	100	100	100	100
ABR	100	100	100	100	100	100
MAIO	100	100	100	100	100	100
JUN	100	100	100	100	100	100
JUL	100	100	100	100	100	100

AGO	100	100	100	100	100	100
SET	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3
OUT	0	0	0	0	0	0
NOV	90	90	90	90	90	90
DEZ	100	100	100	100	100	100

Observa-se pela Tabela 3 que para o ano de 2015 os meses de fevereiro, agosto, setembro e outubro obtiveram um aproveitamento abaixo de 100%, sendo utilizados apenas os meses de fevereiro e agosto, por obterem um aproveitamento razoável. O mês de outubro teve um aproveitamento ruim, sendo ele de 25,8%, por ser tão baixo não foi utilizado nas análises. Assim como no mês de outubro do ano de 2009 (TABELA 1), e no mês de maio de 2013 (TABELA 2), o mês de setembro não apresenta dados. Nos demais meses os dados apresentam um aproveitamento de 100% dos dados.

**Tabela 3.** Aproveitamento dos dados em porcentagem do ano de 2015.

	T_Med	UR_med	VV_med	RAD_med	T_max	T_min
JAN	100	100	100	100	100	100
FEV	85,7	85,7	85,7	85,7	85,7	85,7
MAR	100	100	100	100	100	100
ABR	100	100	100	100	100	100
MAIO	100	100	100	100	100	100
JUN	100	100	100	100	100	100
JUL	100	100	100	100	100	100
AGO	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3
SET	0	0	0	0	0	0
OUT	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8
NOV	100	100	100	100	100	100
DEZ	100	100	100	100	100	100

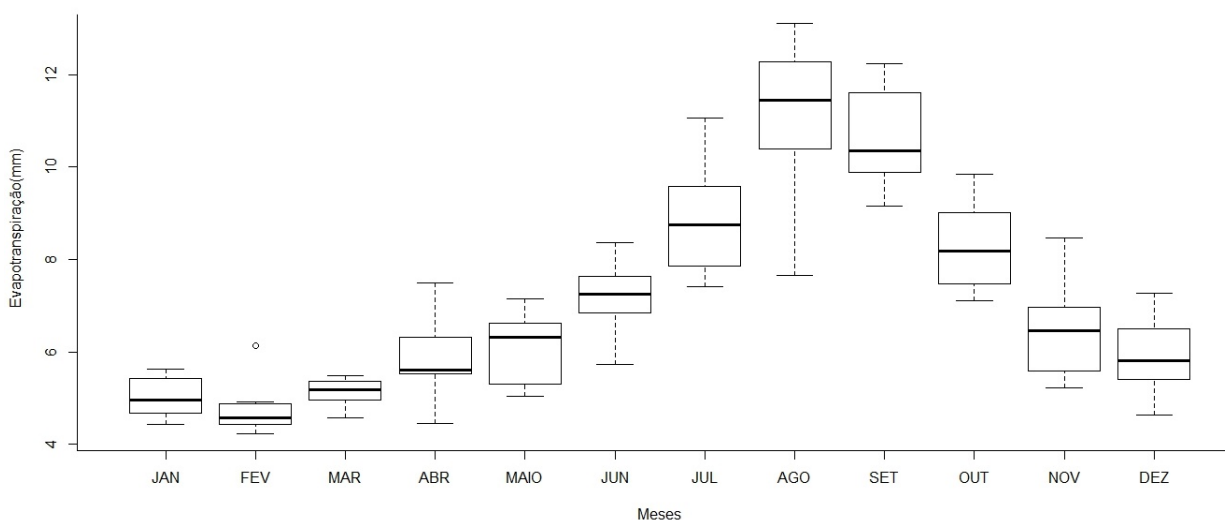
A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas da série de dados, sendo ela responsável por auxiliar na caracterização da ETo. O valor mínimo de ETo encontrado nesta série de dados foi de 4,23 mm sendo este valor encontrado no mês de fevereiro no ano de 2012, o mês de fevereiro corresponde ao mês das chuvas, onde encontramos os menores valores de ETo. O valor da mediana 6,6 mm nos mostra que os valores não possuem muita variabilidade, sendo que o mínimo foi de 4,23 mm e a média foi de 7,07 mm. O valor máximo de ETo encontrado na série de dados foi 13,11 mm sendo este valor encontrado no mês de agosto de 2012.

**Tabela 4.** Estatísticas descritivas dos valores de ETo expressa em milímetros (mm).

	ETo
Mínimo	4,23
1ºquartil	5,25
Mediana	6,60
Média	7,07
3ºquartil	8,39
Máximo	13,11

A Figura 1 apresenta a distribuição mensal da ETo no período de 2009 a 2016. Nota-se que, no período chuvoso que são os meses de janeiro, fevereiro e março, a evapotranspiração é menor, estando ela abaixo de 6 mm ao mês, sendo que o mês de fevereiro apresenta um valor extremo.

No período chuvoso-seco, que corresponde aos meses de abril, maio e junho, os valores de ETo apresentam um aumento chegando próximo de 9 mm ao mês. Já no período seco, que corresponde aos meses de julho, agosto e setembro, encontramos os maiores valores para ETo, podendo chegar próximo dos 13,2 mm ao mês. No período seco-chuvoso que são os meses de outubro, novembro e dezembro, os valores começam a diminuir saindo de um pouco mais de 10 mm, para mais ou menos 5 mm ao mês (FIGURA 1).

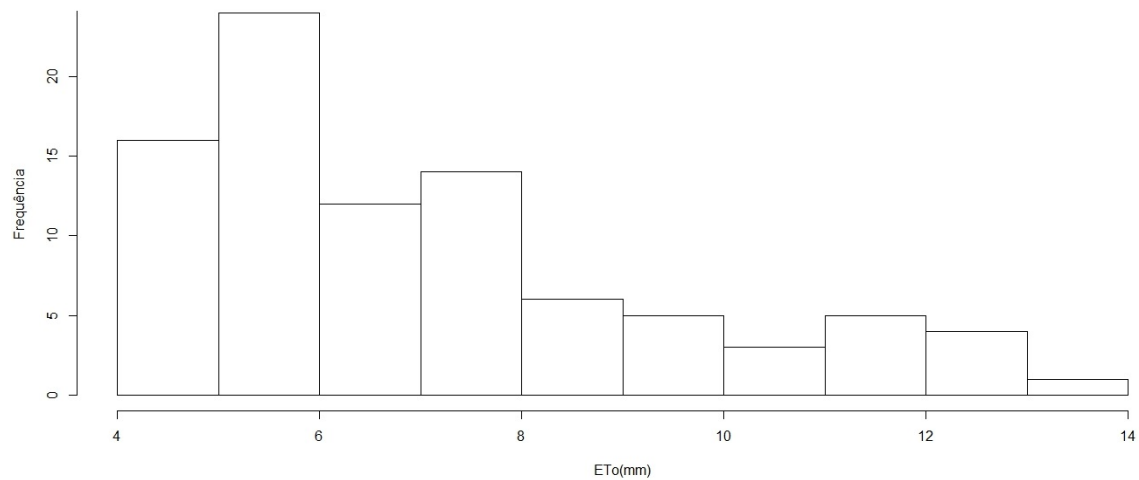


**Figura1.** Boxplot mensal da série de dados de ETo para a cidade de Cacoal/RO, para o período de 2009 a 2016.



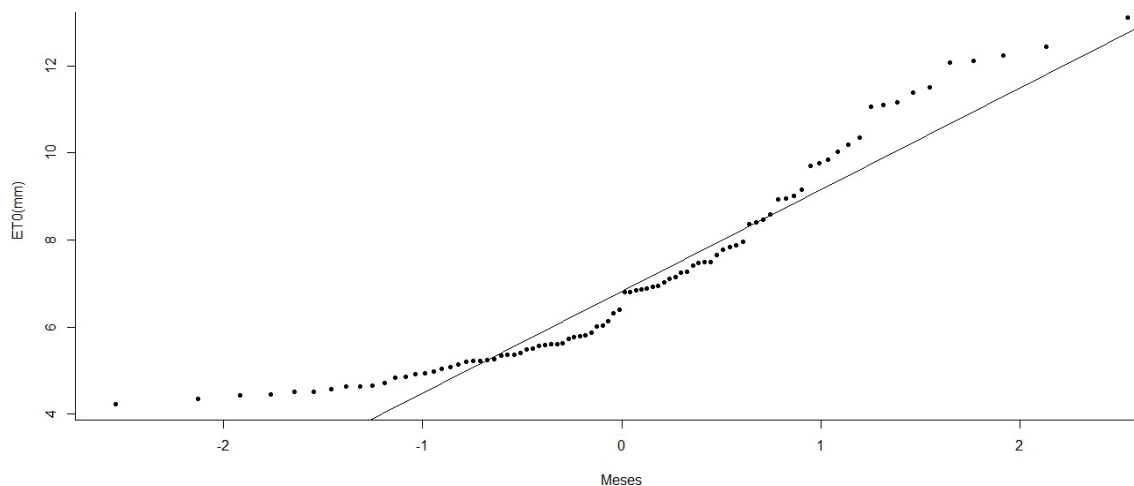
Em relação a variabilidade, verificou-se que no período chuvoso os valores de ETo possuem uma variabilidade menor em relação aos demais meses, pois quando se inicia o período de transição para a seca a dispersão dos dados aumenta. A dispersão dos dados chega ao máximo no mês de agosto que corresponde ao mês da seca, e foi onde encontrou-se os números de ETo mais distantes um do outro, sendo seus números variando de 7,6 mm a 13,1mm (FIGURA 1).

A distribuição de frequência dos valores de ETo são apresentadas na Figura 2, observa-se que a distribuição de frequência dos valores de ETo não tem semelhança com uma distribuição normal, sendo que os quartis da direita estão mais afastados da mediana do que os da esquerda, sendo os dados considerados assimétricos a direita, tornando isso um indicador de que os dados podem não apresentar normalidade. As maiores frequências ocorrem entre os valores 4 mm e 8 mm, tendo sua maior parte representada próximo de 5mm.



**Figura 2.** Histograma de frequência dos valores de ETo.

Para uma melhor compreensão dos dados, realizou-se o gráfico qq-plot observar se os dados podem ou não apresentar normalidade.

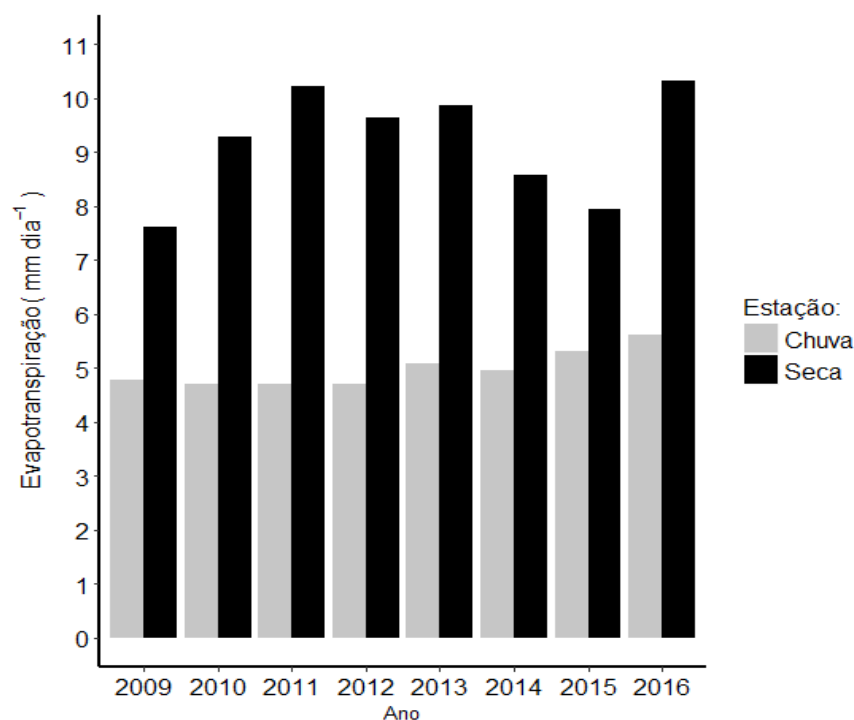


**Figura 3.** QQ-plot dos valores de ETo para a verificação visual da normalidade.

Analisando a Figura 3, pode-se notar que os dados não estão seguindo no entorno da linha central do gráfico, ficando bem dispersos. Como visto na Figura 2 os dados são assimétricos a direita sendo isso um dos possíveis motivos dos dados estarem mais dispersos no entorno da linha central, além disso as caldas estão bem fora da linha, tornando tudo isso um forte indicativo de que os dados não possuem normalidade.

Para aferir a normalidade dos valores de ETo foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, obtendo um p-valor de 3,01E-03, como o p-valor foi abaixo do nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula de que os dados apresentam normalidade, sendo assim, os dados não possuem normalidade. Considerando que os valores de ETo não apresentam normalidade, será utilizado o teste de Wilcoxon para verificar se existe diferença entre os períodos seco e chuvoso.

Na Figura 4 tem-se um gráfico de barras contendo os valores de ETo das estações seca e chuvosa, neste gráfico nota-se que para a estação chuvosa os valores são menores e se concentram em torno de 5 mm, além disso depois do ano de 2013 os dados apresentam um leve aumento chegando próximo de 6 mm. No período seco os valores possuem uma dispersão maior variando de 7,62 mm a 10,33 mm, os dados não possuem um aumento visível, mas sim um padrão oscilatório.



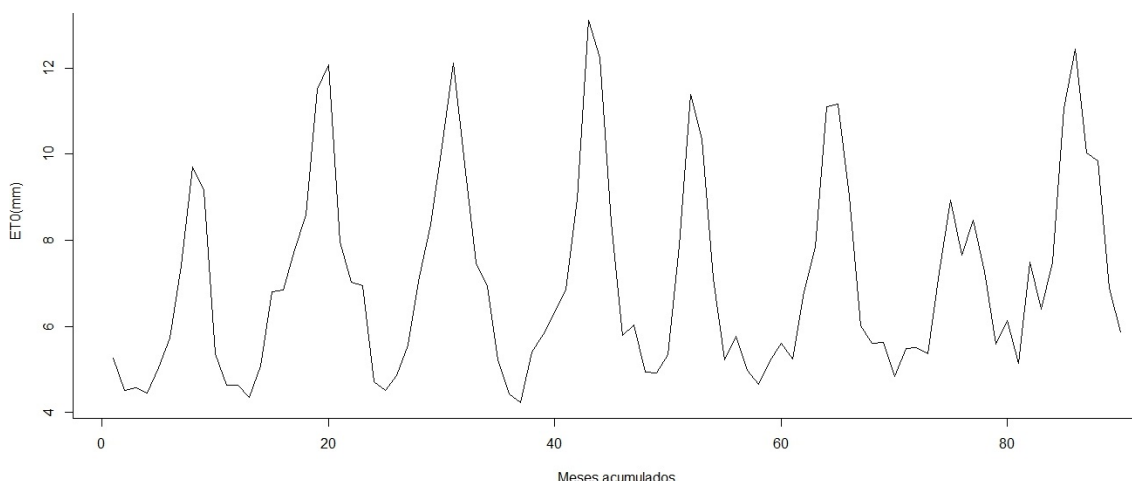
**Figura 4.** Gráfico de barras contendo a média mensal de ETo das estações seca e chuvosa.

Na Tabela 5 foi realizado o teste de Wilcoxon para a verificação da existência de diferença entre os períodos. Ao analisar o p-valor nota-se que não existe diferença significativa entre os dois períodos seco e chuvoso, isso vem sendo notado já na Figura 4 onde os dados estão bem próximos na média.

**Tabela 5.** Teste de Wilcoxon para a verificação da diferença entre os períodos seco e chuvoso.

período	Seco/Chuvoso
P-valor	0,0009069

Para uma melhor compreensão dos dados obtidos com a equação de Penman-Monteith, realizou uma análise de tendência para verificar o comportamento temporal da ETo na região estudada. Para isso foi realizado uma análise exploratória dos componentes temporais, apresentados na Figura 4 dos dados para posterior realização dos testes de Mann-Kendall e de Mann-Kendall Sazonal.



**Figura 5.** Gráfico de linhas contendo a série de dados de ETo para a verificação de tendência.

Observa-se que para a Figura 5 não existe tendência visual, ou seja, a média permanece constante ao longo do período analisado. Os dados apresentam padrão sazonal definido pelos períodos chuvoso, chuvoso-seco, seco e seco-chuvoso. Nota-se que os dados apresentam uma variância elevada e estão distribuídos entre 6 e 7 mm. O padrão sazonal pode ser confirmado na figura 1 em que os dados começam com uma variabilidade pequena e tem um aumento nos meses de seca.

Quando os dados apresentam este tipo de comportamento tendendo a ser mais aleatório, torna-se provável que os dados não apresentem tendência. Para analisar a tendência foi realizado os testes de Mann-Kendall e Mann-Kendall Sazonal (TABELA 6). Os dois testes apresentam valores muito similares, sendo que ambos mostram que não existe tendência. O teste de SMK é o mais indicado para este tipo de série temporal pois eles podem apresentar falsas tendências, apesar da diferença estar somente na última casa decimal, o teste de SMK foi inferior que o MK convencional.

**Tabela 6.** Testes de Mann-Kendall e Mann-Kendall Sazonal para a verificação de tendência.

	MK	MKS
p-valor	0,0377	0,0374

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que para o período estudado, a ETo varia em torno de 4,23 mm á 13,11 mm, tendo uma média mensal de 7,07 mm ao mês. A ETo fica maior na época da seca, e menor na época das chuvas, sendo que no período seco a variabilidade dos dados torna-se maior. Os valores de ETo possuem uma distribuição assimétrica a direita o que indicando a não normalidade dos dados, sendo confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk.

Observou-se que a série de dados não possui tendência, mas sim um padrão sazonal definido pelas estações chuvosa, chuvosa-seca, seca e seca-chuvosa.

Ao comparar a estações chuvosa e seca, conclui-se que não houve diferença significativa entre os valores de ETo, pois o p-valor não indicou haver a existência de qualquer diferença significativa entre as estações.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P. et al. Evolução temporal da evapotranspiração de referência e sua sensibilidade aos elementos principais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.1, 2012.

ALENCAR, L. P., et al. Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v.18, n.8, p.826-832,2011.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiração da colheita - diretrizes para computar necessidades da água da colheita. FAO Documento de Irrigação e Drenagem 56 FAO, 1998

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. Evapotranspiration of the crop: guides for Determining the water requirements of the crops. Roma: FAO, 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56), 2006.

BLAIN, G. C.; Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da secretaria de agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 26, n. 2, p. 279-296,2011.

BIGG, G.R, Kriging and intrarregional rainfall variation in England. **International Journal of Climatology**,1991.

- D'ALMEIDA, C. et al. The effects of deforestation on the hydrological cycle in the Amazon: a review in scale and resolution. **International Journal of Climatology**, v. 27, p.633–647, 2007.
- D'AGOSTINO, R. B., M. A. STEPHENS, Quality Techniques, Marcel Dekker, New York, 1986.
- DAVIDSON, E. A. et al. A bacia amazônica em transição. **Nature**, v. 481, p. 321-328, 2012.
- DALGAARD, P. Introduction to statistics with R. second edition. Springer, 2008, 370 p.
- DROOGERS, P.; ALLEN, R.G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. **Irrigation and drainage systems**, v. 16, p. 33–45, 2002.
- FEARNSIDE, P. M. The biome faces a variety of growing threats. **Financial Times**, Londres, p. 3, de 2011.
- FILHO, A. I. et al. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**. v. 9, n.1, p.62-66, 2015.
- GIBBONS, J. D, CHAKRABORTI, S. Nonparametric statistical inference. 4º. Ed. New York: MARCEL DEKKER, 2003.
- GONG L, et. Al. Sensitivity of the Penman-Monteith reference evapotranspiration for the main climatic variables in the Changjiang basin (Yangtze River), **Journal of Hydrology**. v. 329, n. 3, p. 620-629. 2006.
- JÚNIOR, L. A. J; LIMA, J. R. F. Avaliação da influência de variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **XII Escola de Modelos de Regressão**. p. 13-16. 2011.
- KENDALL, M. G. Rank correlation methods. 4.ed. Londres: Charles Griffin, 196p, 1975.
- LETTENMAIER, D.P.; WOOD, E.F.; WALLIS, J.R. Hydroclimatological trends in the continent of the United States, 1948-88. **Weather Journal**. Zurique, v.7, p.586-607, 1994.
- LIANG, L.; LIJUAN, L.; ZHANG, L.; LI, J. Sensitivity of Penman-Monteith reference crop evapotranspiration in the northeastern Tao'er river basin of China. **Chinese Geographic Science**. v. 18, n.4, p.340-347, 2008.

MANN, H. B. Non-parametric test against trend. **Econometrics**, v.13, p.245-259, 1945.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. Estatística Básica. 6<sup>a</sup>. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, São Paulo, 2010.

POHLERT, T. Trend: Non-parametric trend tests and point-of-change detection. R package version 0.2.0. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>, 2016.

RAZALI, N. M., WAH, Y. B. Power comparisons of the Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analysis*, Malásia, V. 2, n.1, 21-33, 2011.

ROYSTON, P. Approaching the Shapiro-Wilk W test for non-normality. **Statistics and computing**, Londres, V. 2, 117-119, 1991.

SAMPAIO, S. C. et al. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o Estado do Paraná. **Irriga Botucatu**, v. 28, p. 267-272, 2007.

SANTOS, T.V.; Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais. 2009. 96 f. Dissertação (mestrado em sensoriamento remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SIEGEL, S. Non-parametric statistics. Primeira edição. McGraw-Hill Book Company, INC, 1956. 332p.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Frequência pluviométrica e necessidade de irrigação suplementar no município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 9, n.1, p. 73-81, 1994.

SILVA, H. J. F.; Análise de tendência e caracterização sazonal e interanual da evapotranspiração de referência para o sudoeste da Amazônia brasileira: Acre, Brasil. 2015. 107 f. Dissertação (mestrado em ciências climáticas) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2015. **Jornal de detecção remota hiperspectral**. v. 6, n. 5, p. 270-282, 2016

SILVA, H. J. F.; LUCIO, P. S.; BROWN, I. F.; Análise de tendências da evapotranspiração de referência para o sudoeste da Amazônia, Brasil, 2007

SOME'E, B. S.; EZANI, A.; TABARI, H. S. Temporal trends and point of precipitation change in Iran. **Atmospheric Research**, 2012.

SHAHBABA, B. Bioestatística com R. New York: Springer Science, 2012.

TRIOLA, M. F. Introdução à Estatística. Décima edição. Rio de Janeiro, 2008, 696p.

VIERA, S. Introdução a bioestatística. Ed. Campus, 1980.

VICTORIA, D. C. Estimativa da evapotranspiração da bacia do Ji-Paraná (RO) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. São Paulo, Brasil. 2004. 107f. Dissertação (mestrado em ecologia e agrossistemas). USP. Piracicaba, 2004.

VON RANDOW, C. et al. Medições comparativas e variações sazonais na troca de energia e carbono sobre floresta e pastagem na Amazônia Sudoeste. **Climatologia Teórica e Aplicada**. v. 78, n. 1-3, p. 5-26. 2004.

VON RANDOW, R.C.S. et al. Evapotranspiração de áreas desmatadas no centro e sudoeste da Amazônia. **Climatologia teórica e aplicada**. v. 109, n. 1-2, p. 205-220. 2012.

WERTH, D.; AVISSAR, R.A. Regional Evapotranspiration of the Amazon **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, p. 100-109, 2004.

WILKS, D. S. Método estatístico nas ciências atmosféricas. Segunda edição. Elsevier, 2006, 649 p.

## APÊNDICE A – ROTINA DE ANÁLISE EM AMBIENTE R

```
rm(list=ls())
```

```
library(nortest)
```

```
library(trend)
```

```
library(Kendall)
```

```
library(graphics)
```

```
library(ggplot2)
```

```
setwd("C:/Users/luis/Desktop/Analise")
```

```
getwd()
```



```

x<-read.table("CS.txt",header=T)

x

attach(x)

summary(x)

##### DESCRITIVA

x$mes <- factor(x$mes, levels = c("JAN", "FEV", "MAR", "ABR", "MAIO", "JUN", "JUL",
"AGO", "SET", "OUT", "NOV", "DEZ"))

attach(x)

boxplot(ET0 ~ factor(mes),xlab = "Meses",ylab = "Evapotranspiração(mm)",cex.axis=2,
cex.lab=2)

##### TESTES DE NORMALIDADE

shapiro.test(ET0) # Shapiro-Wilk

help(hist)

hist(ET0,xlab = "ET0(mm)",ylab = "Frequência")

qqnorm(ET0, main = "", xlab = "meses", pch = 20,
ylab = "ET0(mm)")

qqline(ET0, lty = 1,)

##### TESTE DE TENDÊNCIA

help(plot)

y<-ts(ET0)

plot(y,xlab = "meses acumulados",ylab = "ET0(mm)")

mk.test(y)

SeasonalMannKendall(y)

##### TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

help(wilcox.test)

wilcox.test(Chuva)

wilcox.test(Seca)

wilcox.test(C,S,paired=TRUE)

## gráfico

dados <- read.table("chuva_1.txt", header=T)

```

```

dados$Ano <- factor(dados$Ano)

fmt_dcimals <- function(decimals=0){
  function(x) as.character(round(x,decimals))
}

ggplot(data=dados, aes(x=Ano, y=Chuva)) +
  geom_bar(aes(fill = factor(Estação)), stat="identity", position=position_dodge(0.9)) +
  scale_y_continuous(labels = fmt_dcimals(2), name =
expression('Evapotranspiração'~('mm'~'dia'^-1~')), breaks = seq(0, 11, 1), limits=c(0, 11))
+
  scale_x_discrete(name = "Ano",
labels=c('2009','2010','2011','2012','2013','2014','2015','2016')) +
  scale_fill_discrete(name= "Estação: ", labels = c("Chuva", "Seca")) +
  ggtitle(" ") +
  theme(axis.line = element_line(size=1, colour = "black"),
  plot.title=element_text(size = 12, family="Comic Sans MS", hjust = 0.5),
  text=element_text(size = 12, family="Comic Sans MS"),
  axis.text.x=element_text(colour="black", size = 12),
  axis.text.y=element_text(colour="black", size = 12),
  axis.title.y = element_text(size=12),
  legend.text=element_text(colour="black", size=12),
  legend.title=element_text(colour="black",size=12),
  axis.title.x = element_text(size=10, vjust = -2))

```